

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 04 JUN 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

BEST AVAILABLE COPY

Aktenzeichen: 102 16 096.1

Anmeldetag: 11. April 2002

Anmelder/Inhaber: Heidelberg Instruments Mikrotechnik GmbH,
Heidelberg, Neckar/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Erstellung präziser
Kopien von kleinen Strukturen auf Substraten

IPC: G 03 F, G 02 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

AGUTHE

Verfahren und Vorrichtung zur Erstellung präziser Kopien von kleinen Strukturen auf Substraten

Vorbemerkung:

Dieses Patent beschreibt Erweiterungen und Verbesserungen eines Verfahrens zur Anfertigung von Kopien einer Maske auf grosse Substrate.

Deutsches Patent: 3910048

US-Patent: 5 103 247

Die Maske sei eine Vorlage wie sie zur Fabrikation von z.B. Leiterplatten oder Flachbildschirmen Verwendung findet: Film, Emulsionsmaske, Chrommaske o.ä.

Kleine Strukturen seien z.B. Leiterbahnen oder allgemeine geometrische Strukturen welche zu kopieren sind. Die typischen Größe der Strukturen dieser Strukturen hängt von der Anwendung ab, in der heutigen Leiterplattentechnologie z.B. 10-50µm. Bei der Produktion von Flachbildschirmen treten Strukturgrößen bis hinab zu 1-2µm auf. Die Toleranz mit der die Strukturen plziert werden müssen, s.g. Lagegenauigkeit, ist deutlich kleiner als die Strukturgrößen selbst. Das beschriebene Verfahren ist nicht auf bestimmte Strukturgrößen beschränkt noch gibt es Verfahrensbedingte Toleranzgrenzen.

Substrate seien ebene plattenförmige Produktiones-Nutzen. Zum Beispiel erfordert die Produktion von Leiterplatten mehrfach das Kopieren von unterschiedlichsten Strukturen auf die Vorstufen, die Zwischenprodukte und das Endprodukte, die Trägerplatte für die elektronische Bauelemente und der benötigten elektrischen Verbindungen. Die Größe der Leiterplatten ist heute bis zu 600*800mm², d.h. Mehrfachnutzen. Bei der Produktion von Flachbildschirmen treten sehr ähnliche Verfahrensschritte auf. Dabei bewegen sind jedoch Strukturgrößen und Toleranzgrenzen in einer deutliche kleineren Dimension. Das beschriebene Verfahren ist nicht durch die Substratgröße begrenzt.

Tabellarische Zusammenfassung der typischen Anwendung bzw. Substrate, im folgenden auch Nutzen genannt:

1. Leiterplatten:
 - zur Strukturierung der Kupferflächen.
 - Strukturierung flexiblen Leiterplatten.
 - Vernetzung des Lötstoplackes, Positivlack
2. Bildschirmtechnologie:
 - Lackbild zur Strukturierung von metallischen oder nichtleitender Schichten.
 - Vernetzung der Farbfilter, Erstellung von Strukturen auf flexiblen Trägermaterialien, z.B. Folienbildschirm.
3. Mikrostrukturtechnik:
 - Erstellung von Arbeitskopien
 - Direktbelichtung grosser ebener Werkstücke, z.B. Photovoltaischer Elemente.

Gemeinsamkeiten der Anwendungen:

Ebene, flache Substrat, i.A. dünn, d.h. wenige Mikrometer bis viele Milimeter. Beschichtet mit einer lichtempfindlichen Schicht welche strukturiert werden soll. Die Nutzen durchlaufen verschiedene Produktionschritte. Hierbei treten hohe Temperaturunterschiede und sonstige starke mechanische Beanspruchungen auf. Diese Beanspruchungen können zu dauerhaften geometrischen Veränderungen führen. Leiterplatten werden beispielsweise aus mehreren Lagen von Trägerfolien zusammengesetzt, man spricht von Verpressen. Das so entstandene Zwischenprodukte weist Dimensionsabweichungen auf. Die Abweichungen müssen im nächsten Produktionschritt berücksichtigt werden um z.B. feine Leiterbahnen zur Deckung mit ebenso kleinen Durchkontaktierungen zu bringen. Bei der Bildschirmherstellung sind die einzelnen Bildelemente zu kontaktiert. Grundsätzlich beschränken die im Produktionsprozess auftretende Verzerrungen der Nutzen die minimal sinnvoll herzustellenden Strukturen. Um mit Strukturen unterschiedlicher Lagen die

gewünschte Funktion realisieren zu können muß eine minimale Überlappung gewährleistet sein. Um dies zu garantieren muss bei einer minimalen Strukturgröße Z und einer Fertigungstoleranz dZ die zugehörige Gegenstruktur die Größe $Z+2*dZ$ besitzen. Damit ist sichergestellt, dass bei einem Lagefehler von dZ die Strukturen überlappen, Fig 1. Ist die Abweichung zwischen Maske und Nutzen zu gross so überlagern sich zugehörige Strukturen nicht mehr. Das beschriebene Verfahren ermöglicht es die Maske, d.h. das in den Sollmaßen vorliegende Original, im Kopierprozess zu skalieren und somit das Bild auf dem Nutzen den individuellen Verzerrungen anzupassen, d.h. es ist möglich kleine Strukturen mit hoher Platzierungsgenauigkeit auf verzerrten Substraten zu erzeugen. Dieser Prozess wird im folgenden Verzerrten genannt. Das Bild der Maske kann in jeder Richtung individuell skaliert werden, d.h. es ist möglich Höhe und Breite des Bildes getrennt den Verzerrungen des Nutzen anzupassen. Kompensation höherer Ordnungen sind ebenso möglich, d.h. die Breite des Bildes kann eine Funktion der Höhe sein, ebenso umgekehrt. Die rechteckige Vorlage wird so zu einem Parallelogramm oder noch allgemeiner zu einem Trapez transformiert. Diese Transformation ist für jedes Nutzen individuell zu bestimmen. Die ermittelten Transformationsparameter dienen der Skalierung des Bildes beim Kopierprozess. Zwei weitere Probleme müssen bei jeder optischen Abbildung gelöst werden: Lagegenauigkeit und Bildschärfe. Das Bild der Vorlage muß möglichst lagegenau auf dem Nutzen abgebildet werden.

Um dies Ausrichtung zu bewerkstelligen verfügt sowohl die Maske als auch das Nutzen über mechanische Vorrichtungen bzw. Markierungen. Im einfachsten Fall sind dies Referenzbohrungen, die Lage der Maske sowie des Nutzen wird individuell durch Stifte fixiert. Bei sehr dünnen Nutzen und den hierbei auftretenden grossen Verzerrungen ist dies nicht möglich, das Substrat würde sich wellen. Es werden daher Markierungen angebracht, Fiduchals oder Ausrichtmarken, Alignmentmarkierungen, welche über geeignete Optik und Kamerasystem ausgewertet werden. Die Vermessung dieser Marken liefert die Information über die Lage der Maske und die Lage des Nutzen. Die Messwerte dienen zur Berechnung der Verschiebung, der Rotation und der Verzerrung des Nutzen. Die beschriebene Anlage verwendet einfache optische Komponenten um das Bild zu skalieren und auf der korrekten Position auf dem Nutzen abzubilden. Um ein optimales Bild, d.h. korrekte Strukturgröße, Kantenqualität, Kantensteilheit, auf dem Nutzen zu erhalten muss die Fokusebene des Bildes auf der lichtempfindlichen Oberfläche des Substrates zu liegen kommen. Hierzu dient die Fokussiervorrichtung. Sie ermöglicht es die Länge des optischen Pfades zwischen der Maske und dem Nutzen zu verändern ohne dass hierbei der Abbildungsmaßstab beeinflusst.

Die Vorrichtung muß um wirtschaftlich einsetzbar zu sein, einen hohen Durchsatz ermöglichen. Das beschriebene Verfahren beruht darauf, dass zu jeder Zeit nur ein kleiner Teil der Maske durch die Optik auf dem Nutzen abgebildet wird. Das Gesamtbild auf dem Nutzen wird durch eine Relativbewegung zwischen Maske und Substrat gegenüber der abbildenden Optik erstellt. Die Lage von Maske zu Substrat wird während der Belichtung nicht verändert. Die mechanische Bewegung zwischen Optik und Maske/Substrat soll so langsam als möglich sein. Die in der Maschinenbautechnik üblichen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sollen nicht ausgereizt werden um die Kräfte auf optische Komponenten bzw. die Maske und das Substrat so gering wie möglich zu halten. Es wird zum einen ein möglichst grosses Bildfeld angestrebt um die nötigen Käfigbewegungen zum zusammensetzen eines Gesamtbildes klein zu halten. Zum anderen wird ein kleines Bildfeld angestrebt die benötigt Skalierung durchführen zu können. Das kleine Bildfeld, benötigt zur Skalierung, muss daher mit Hilfe einer optischen Einrichtung schnell über die Maske und das Nutzen bewegt werden. Dazu wird ein s.g. Lichtscan senkrecht zur Käfigbewegungsrichtung eingesetzt. Der Bewegung des beleuchteten Bereich auf der Maske, im folgenden Beleuchtungsfleck genannt, addiert sich aus zwei Bewegungen. Der Käfig bewegt sich langsam, $0.1..1\text{m/s}$, relativ zur abbildenden Optik. Dagegen bewegt sich der Beleuchtungsfleck schnell, $1..10\text{m/s}$, relativ zur abbildenden Optik.

Wird ein Bild aus mehreren Teilbildern zusammengesetzt so muss den Stoßstellen am Rand der Teilbilder besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Fügen sich die Teilbilder nicht exakt zusammen so entstehen im Gesamtbild Lücken und macht es daher unbrauchbar. Überlappen sich die Teilbilder so kann es zur Überbelichtung in diesen mehrfach abgebildeten Bereichen kommen. Dies bedeutet dass in den mehrfach belichteten Bereiche der lichtempfindlichen Schicht die Strukturgrößen vom Sollwert abweichen. Die Lage der Strukturkante ist abhängig von der Belichtungsintensität, siehe deutsches Pat. zur Interpolation 4408507. In den Randbereichen in denen sich die Teilbilder überlappen muss daher die Belichtungsintensität abgesenkt werden. Stand der Technik ist das Anbringen einer Blende im optischen Pfad zur Reduktion der Intensität am Rand des Teilbilders. Das hier beschriebene Verfahren verzichtet darauf. Es nutzt das annähernd gaussförmige Strahlprofil der Lichtquelle.

Gliederung der Vorrichtung:

1. Beleuchtungspfad:
Lichtquelle, Aufweitungsoptik, Beleuchtungsscanner
2. Maskenhalterung angepaßt an verschiedene Maskentypen:
Chrom-Masken, Emulsions-Masken, Filme
3. Abbildende Optik:
Eingangsoptik, XY-Scanner, Ausgangsoptik, Fokuseinrichtung,
4. Substrathalterung angepaßt an verschiedene Nutzen:
dünne Folien, Endlosfolien, Leiterplatten, Glassubstrate

Liste der Zeichnungen:

- Fig 1: Korrekturprinzip
Fig 2: Systemübersicht
Fig 3: Möglicher Systemaufbau
Fig 4: Kombination von Beleuchtungsscan und Käfigbewegung
Fig 5: weiches Überlappen von Einzelabbildungen
Fig 6: Abbildungs- und Korrekturoptik
Fig 7: Multipfadsystem zur Durchsatzvergrößerung
Fig 8: Multipfadsystem für Mehrfachabbildung mit zwei Beleuchtungsflecken
Fig 9: Multipfadsystem für Mehrfachabbildung mit einem Beleuchtungsflecke und Strahlteiler

Beschreibung

Das Prinzip einer Bildverzerrung nach **Anspruch 3 und 4** durch Aneinanderfügen von Einzelabbildungen ist in **Fig. 1** dargestellt. Ein Teilbereich der Maske 1 wird auf das Substrat abgebildet. Die gesamte Abbildung wird aus überlappenden Einzelabbildungen zusammengesetzt. Jede Einzelabbildung ist eine unverzerrte 1:1 Abbildung der Maske. Die Verzerrung der Gesamtabbildung entsteht durch eine Verschiebung der Einzelabbildungen auf dem Substrat durch einen Korrekturvektor. Dies bewirkt eine Unschärfe der Abbildung im Überlappbereich. Die tolerierbare Unschärfe zusammen mit der Größe des Überlappbereiches bestimmen den maximale Versatz zweier benachbarter Einzelabbildungen.

In **Fig. 2** ist eine schematische Übersicht eines Systems zur verzerrten Abbildung einer Maske dargestellt. Als Lichtquelle wird ein Laser mit mittlerer Leistung von 1..10W im üblichen Wellenlängenbereich für Leiterplattenbelichtungen von 350..400nm eingesetzt. Mit einer Strahlaufweitung wird der geforderte Beleuchtungsdurchmesser eingestellt. Die Scaneinrichtung bewegt den aufgeweiteten Laserstrahl senkrecht zur Maskenoberfläche. Maske und Substrat sind fest auf einem Käfig gehalten. Mit einem der XY-Antriebs, Positionsmessung und Regelung wird der Käfig bewegt. Zwischen Maske und Substrat befindet sich die Abbildungsoptik mit aktiven Elementen zur Positionskorrektur der Abbildung auf dem Substrat. Das Bildfeld der Abbildung ist so groß gewählt, daß in jeder Position den Beleuchtungsscans der gesamte beleuchtete Maskenbereich auf das Substrat abgebildet wird. Die Positionssteuerung des Käfigs, aktive Elemente der Optik und Beleuchtungsscan werden zentral von einem Rechnersystem gesteuert. Zum Bestimmen der nötigen Korrekturen ist ein Bildverarbeitungssystem eingebaut an das alle Kameras angeschlossen sind. Das Bildverarbeitungssystem mißt die Positionen von Registriermarken in den Kamerabildern und berechnet mit der Käfigposition deren absolute Position auf der Maske oder dem Substrat. Auf der Maskenebene des Käfigs ist eine Referenzmarke und auf der Substratebene eine Justagekamera angebracht. Die Referenzmarke kann mit der Abbildungsoptik auf die Justagekamera abgebildet werden. Damit werden die aktiven Elemente der Optik nachjustiert. Das gesamte Rechnersystem wird über einen Bedienrechner mit einer Bedieneroberfläche angesteuert.

Eine möglicher mechanischer Aufbau ist in **Fig. 3** dargestellt. Maske und Substrat sind über einen Käfig fest zueinander fixiert. Der Käfig kann über ein Antrieb in der XY-Ebene bewegt werden. Dabei wird die Tischposition über ein Meßsystem kontinuierlich gemessen. Darüberhinaus wird noch eine Justagekamera und Referenzmarke fest am Käfig fixiert. Alle weiteren Einrichtungen sind ebenfalls zueinander fest montiert, so daß man Maske, Substrat und Justagekamera in der XY-Ebene zu allen anderen Einrichtungen relativ bewegen kann. Die Beleuchtungseinheit hinterleuchtet die Maske in einem Teilbereich dem s.g. Beleuchtungsfleck. Dieser Teilbereich wird unverzerrt und unvergrößert über die Abbildungs- und Korrektureinheit auf das Substrat abgebildet. Die Korrektureinheit kann nun die Einzelabbildung auf dem Substrat in der XY-Ebene verschieben. Zur Bestimmung der Verzerrung werden auf der Maske und auf dem Substrat mittels Kameras nach **Anspruch 2** und nachgeschalteter Bildverarbeitungssoftware die Positionen von Registriermarken bestimmt. Aus den Positionen der Registriermarken werden die Ansteuerdaten für die Korrektureinheit berechnet.

In Fig. 6 zeigt eine Abbildungsoptik nach **Anspruch 13** aus 2 Linsen oder Linsensystemen in einer s.g. 4f Anordnung mit einem nachgestellten Retroreflektor. Mit dieser Anordnung wird vom Objekt eine annähernd 1:1 auf das Substrat abgebildet. Die Abbildung ist unverzerrt und nicht punktgespiegelt. Durch Verschieben des Retroreflektors in Y-Richtung nach **Anspruch 15** wird die Bildebene auf das Substrat eingestellt. In Kombination mit einem Meßsystem das die Lage der Substratoberfläche in Z-Richtung mißt kann die Bildebene einmalig eingestellt oder kontinuierlich nachgeregelt werden. Im Optikpfad sind 3 aktive Elemente vorgesehen. Die Aktiven Elemente können je nach Anwendung in verschiedenen Kombinationen eingebaut werden. Alle aktiven Elemente verschieben nach **Anspruch 14** das Bildfeld in der XY-Ebene. Das Bildfeld wird durch Verkippen der planparallelen Platte senkrecht zur optischen Achse verschoben. Kippen des Scanspiegels senkrecht zum Lot von einfallendem und reflektiertem Strahl verschiebt das Bildfeld ebenfalls. Durch Verschieben des Retroreflektors in der XZ-Ebene wird das Bildfeld auch verschoben.

Eine Lichtquelle die **Anspruch 5 und 6** genügt ist z.B. ein Laser dessen Strahlintensität senkrecht zur Strahlrichtung ein gaußartiges Profil aufweist. Die Lichtintensität kann wie in **Anspruch 9** benötigt z.B. durch das variieren der Pulsrate eines gepulsten Lasers eingestellt werden. Eine schnelle Bewegung des Beleuchtungsflecks nach **Anspruch 7** wird durch umlenken an einem Scanspiegel erzeugt.

Die Intensität der Beleuchtung nach **Anspruch 9,10 und 11** wird durch das Rechnersystem gesteuert. Zum Beispiel bei gepulsten Lasern durch Variation der Pulsrate oder bei einen CW-Lasern durch ein steuerbare Dämpfung. Dem Rechnersystem setehen jederzeit die Systemdaten wie Position des Beleuchtungsflecks auf der Maske oder Tischgeschwindigkeit zur Verfügung. Damit ist es möglich die Intensität abhängig von anderen Parametern zu steuern. Die Intensität wird an unterschiedliche Käfiggeschwindigkeiten angepaßt, so daß die gewünschte Intensitätsverteilung in der Summe auf der Maske gegeben ist. Damit kann während der Beschleunigungs oder Abbremsphase des Käfigs belichtet werden.

Die Position des Beleuchtungsflecks auf der Maske wird durch die XY-Position des Käfigs und die Stellung des Beleuchtungsscans bestimmt, wie in Fig. 4 dargestellt. Durch die Kombination einer schnellen Scanbewegung mit einer relativ dazu langsamen Käfigbewegung, erreicht man eine streifenweise Beleuchtung der Maske. Die Optik ist so dimensioniert, daß sie den Beleuchtungsfleck in allen Scanpositionen abbilden kann. Die Bewegung des Beleuchtungsflecks wird nun so eingestellt, daß sich die beleuchteten Bereiche überlappen. Der Überlapp zusammen mit der gaußartigen Intensitätsverteilung ergibt gemäß **Anspruch 5** im zeitlichen Mittel eine annähernd konstante Intensitätsverteilung über die zu beleuchtende Fläche.

In Fig 5 ist dieses Überlappen beispielhaft in einer Raum-Richtung mit Gaußprofilen dargestellt. Bei genügend großem Überlapp der Kurven ist die Summe bis auf eine Restwelligkeit wie in **Anspruch 5** gefordert konstant. Je geringer die angestrebte Restwelligkeit sein soll desto größer muß der Überlappbereich der Gaußprofile sein. Bei der Korrektur der Einzelabbildungen, also dem verschieben in der XY-Ebene verändert sich der Überlappbereich. Die Veränderung des Überlappbereiches wird relativ zur absoluten Größe klein gehalten. Damit ergibt sich nur eine geringe Änderung der Restwelligkeit, so daß die Lichtintensität auf dem Substrat annähernd konstant ist.

In **Anspruch 4** beschriebenen blieben Korrekturmöglichkeiten bedingen, daß die Korrekturvektor Δx und Δy von der Position des Beleuchtungsflecks (x_b, y_b) auf der Maske

$$\begin{aligned}\Delta x &= f_1(x_b, y_b) \\ \Delta y &= f_2(x_b, y_b)\end{aligned}\quad \text{Gleichung 1}$$

abhängen.

Wie in Fig. 4 dargestellt addiert sich die Beleuchtungsposition vektoriell aus der Käfigposition und Scanposition. Die Korrektureinheit nach **Anspruch 8** ist nun so konstruiert daß sowohl die schnelle Scanbewegung als auch die langsamere Käfigbewegung folgen kann. Dabei gewährleistet die Ansteuerung der Korrektureinrichtung, daß die Beleuchtungsfleckposition aus Tischposition und Scanposition ermittelt wird. Aus dieser Position wird in Echtzeit aus den vorgegebenen Korrekturen die Ansteuersignale für die Korrektureinrichtung berechnet und erzeugt.

$$\begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{Käfig} \\ y_{Käfig} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_{Scan} \\ y_{Scan} \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 2}$$

Um die Langzeitstabilität der Maschine zu gewährleisten ist gemäß **Anspruch 12** eine Referenzmarke und eine Justagekamera im Käfig eingebaut. Auf der Maskenebene ist die Referenzmarke angebracht. Auf der Substratebene ist eine Justagekamera montiert. Die Käfigposition in der XY-Ebene wird über ein Meßsystem kontinuierlich gemessen. Kameras und Meßsystem sind an ein EDV-System angeschlossen das die Meßwerte auswertet und Käfigmotoren und Korrektureinrichtungen entsprechend ansteuert.

Zur Justage des Optikpfades wird nun der Käfig in eine Position gefahren, bei der die Referenzstruktur von der Beleuchtungseinheit hinterleuchtet wird. Die Referenzstruktur wird von der Abbildungs und Korrekturereinheit auf die Justagekamera abgebildet. Durch entsprechende Ansteuerung der Korrekturereinheit wird die Abbildung der Referenzstruktur auf eine Standardposition auf der Justagekamera abgebildet. Somit ist das Maskenkoordinatensystem auf das Substratkoordinatensystem bezogen. Die dabei ermittelten Ansteuerwerte werden als Offsetwerte in der Korrekturberechnung für die spätere Maskenabbildung mit berücksichtigt. Die Referenzstruktur wird anschließend unter die Maskenmeßkamera gefahren und die Position der Referenzstruktur vermessen. Damit ist die Position der Maskenkamera in Bezug zur Referenzstruktur bestimmt. Ähnlich verfährt man mit den Substratmeßkamera. Bei diesen verwendet man als Referenzmarke die Position des CCD-Chips in der Justagekamera. Die so ermittelten Positionen der Kameras werden bei der Messung von Alignmentmarken auf Masken oder Substrat als Offset berücksichtigt.

Eine Erhöhung der Belichtungsgeschwindigkeit wird gemäß **Anspruch 16** erreicht, in dem mehrere Abbildungs und Korrekturereinheiten parallel angebracht werden. Wie in **Fig. 7** dargestellt muß die Beleuchtungseinheit dabei so umgestaltet werden, daß sie mehrere Beleuchtungsflecken auf der Maske erzeugt.

Eine Anordnung zum simultanen vervielfältigen von Masken nach **Anspruch 17 und 18** ist in **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellt. Mehrere Abbildungs und Korrekturereinheiten werden so angeordnet, daß sich eine simultane Vervielfältigung einer Maske auf ein oder mehrere Substrate ergeben. In **Fig 8** ist das Beispielhaft ein System zur zweifachen Abbildung dargestellt das mit zwei Beleuchtungsflecken auf der Maske arbeitet. In **Fig. 9** wird ein Beleuchtungsfleck verwendet und in der Abbildungsoptik ein Strahlteiler eingesetzt.

Bezugszeichen

1. Maske
2. Substrat
3. Beleuchtungsfleck
4. Korrekturvektor
5. Einzelabbildung
6. Überlappbereich
7. Käfig
8. Beleuchtungseinheit
9. Abbildungs- und Korrekturereinheit
10. Makenkamera
11. Substratkamera
12. Justagekamera
13. Referenzmarke
14. Registriermarke
15. Y-Antrieb
16. X-Antrieb
17. Laser
18. Strahlaufweitung
19. Beleuchtungsscanner
20. Planparallele Platte
21. 2-Achsen-Kippantrieb
22. Linse
23. Scanspiegel
24. 2-Achsen-Kippantrieb
25. Retroreflektor
26. XYZ-Antrieb
27. Käfigantrieb mit Positionsregelung
28. Rechnersystem
29. Bildverarbeitung
30. Bedienrechner mit Benutzeroberfläche
31. Käfigbewegung
32. Scanbewegung
33. gesamter Lichtscan
34. Summenintensität auf der Maske
35. Summenintensität auf dem Substrat
36. Spiegel
37. Strahlteiler

Patentansprüche

1. Ein System zum beliebig verzerrten Abbilden einer Maske auf ein Substrat ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die abbildende Optik zusammen mit der Beleuchtungseinheit relativ zu Maske und Substrat bewegen.
2. Das Bildfeld der Abbildungsoptik ist kleiner als das die gesamte Abbildung und liefert eine s.g. Einzelabbildung. Die gesamte Abbildung der Maske wird aus Einzelabbildungen zusammengesetzt. Die Einzelabbildung kann mittels aktiver Verstellelemente in der abbildenden Optik in der XY-Ebene auf dem Substrat bewegt werden. Durch geeignete Ansteuerung der Verstellelemente setzt man die Gesamtabbildung aus Einzelabbildungen so zusammen, daß die gewünschte Verzerrung in der Gesamtabbildung erreicht wird.
3. Die Verzerrung wird durch Vermessen von Alignmentmarken auf der Maske und dem Substrat oder durch Vorgabe von Verzerrungswerten berechnet. Es ist auch eine Kombination von Meßwerten und Vorgabewerten möglich.
4. Durch die Vermessung nach Anspruch 2 werden die Relativpositionen von Maskenmarken zu Substratmarken bestimmt. Für das Korrekturverfahren nach Anspruch 1 wird die Abbildung so verzerrt, daß die Maskenmarken auf die Substratmarken abgebildet werden. Dabei ist es unerheblich ob die Maske, das Substrat oder beides korrigiert werden muß.
5. Beliebige Bildverzerrung und Ausrichtung durch überlappendes oder kontinuierliches Aneinanderfügen von Einzelabbildungen die jeweils kleiner sind als die Gesamtabbildung. Spezialfälle für Verzerrungen sind Translation, Rotation, Scherung, richtungsabhängige Skalierung.
6. Weiches ausblenden der Beleuchtungsintensität und überlappen der Beleuchtungsflecken ergibt eine annähernd konstante Intensität über die Maskenfläche im zeitlichen Mittel. Der beleuchtete Bereich der Maske wird über die Abbildungsoptik auf das Substrat abgebildet. Das Abbild ist die Struktur der Maske mit dem Intensitätsverlauf der Beleuchtung. Damit ergibt sich ein annähernd konstante Bildintensität im zeitlichen Mittel auf dem Substrat.
7. Erzeugen eines Beleuchtungsflecks nach Anspruch 5 mit gaußartiger Intensitätsverteilung durch Verwenden eines Lasers als Lichtquelle.
8. Die Bewegung des Beleuchtungsflecks auf der Maske setzt sich aus zwei Bewegungen zusammen. Einer schnellen Scanbewegung der Beleuchtung und einer langsameren Bewegung des Käfigs.
9. Verwendung einer Korrektureinrichtung und Ansteuerung die je nach Position des Beleuchtungsflecks auf der Maske die Korrektureinheit entsprechend ansteuert. Insbesondere wird dabei die zusammengesetzte Bewegung nach Anspruch 7 berücksichtigt.
10. Steuerung der Beleuchtungsintensität auf der Maske durch Ansteuern der Beleuchtungsquellen oder steuerbare Dämpfungselemente. Beispielsweise bei gepulsten Lasern durch variieren der Pulsrate.
11. Steuerung der Beleuchtungsintensität nach Anspruch 9 abhängig von der Position des Beleuchtungsflecks auf der Maske.
12. Lichtintensitätssteuerung nach Anspruch 9 abhängig von der Käfiggeschwindigkeit. Damit kann eine konstante Intensitätsverteilung im zeitlichen Mittel auf der Maske erreicht werden, obwohl die Käfiggeschwindigkeit nicht konstant ist.
13. Optikpfadkalibrierung durch Abbilden einer Referenzstruktur mit der vorhandenen Belichtungslichtquelle auf eine fixe s.g. Justagekamera. Nachjustieren des Lichtpfades über das aktive Element im Optikpfad. Kalibrieren der optischen Meßeinrichtungen an der Referenzmaske und der Tischkamera.
14. Abbildungsoptik für ein System nach Anspruch 1 besteht aus 2 Linsen oder Linsensysteme in einer s.g. 4f Anordnung. Das heißt die Maske ist im Frontseitigen Brennpunkt des ersten Linsensystems. Das Substrat ist in dem rückseitigen Brennpunkt des 2. Linsensystems. Der Strahlengang wird vor der 1. Linse oder nach der 2. Linse über einen Retroreflektor punktgespiegelt.
15. Kombination einer Abbildungsoptik nach Anspruch 13 mit einer Korrektureinheit die die Abbildung senkrecht zur Optischen Achse in der Bildebene verschiebt. Dazu werden je nach spezifischen Anforderungen die folgenden Techniken einzeln oder in Kombination benutzt. Mit einer planparallelen Platte wird durch Verkippen senkrecht zur Optischen Achse das Strahlenbündel parallel zur Optischen Achse verschoben. Ein Spiegel der sich senkrecht zum Lot des Einfallenden und Ausfallenden Strahlenbündels kippen läßt. Ein Retroreflektor der sich senkrecht zur optischen Achse verschieben läßt.

16. Verlängern oder verkürzen des Lichtweges durch in der Abbildungsoptik nach Anspruch 13 durch bewegen des Retroreflektors. Damit läßt sich die Bildebene genau auf die Substratoberfläche abbilden. Die Bildebneneinstellung kann statisch durch Sollwertvorgabe oder dynamisch durch Lagemessung der Substratoberfläche eingestellt werden.
17. Erhöhen des Durchsatzes eines Systems nach Anspruch 1 durch einsetzen mehrere parallele Strahlengänge. Das bedeutete mehrere Beleuchtungsflecken auf der Maske die durch mehrere Abbildung und Korrektoreinheiten abgebildet werden.
18. Vervielfältigen einer Maske mit einem System nach Anspruch 1 durch mehrere parallele Strahlengänge mit mehreren Beleuchtungsflecken auf der Maske.
19. Vervielfältigen einer Maske mit einem System nach Anspruch 1 durch mehrere parallele Strahlengänge mit einem Strahlteiler in der Abbildungsoptik.

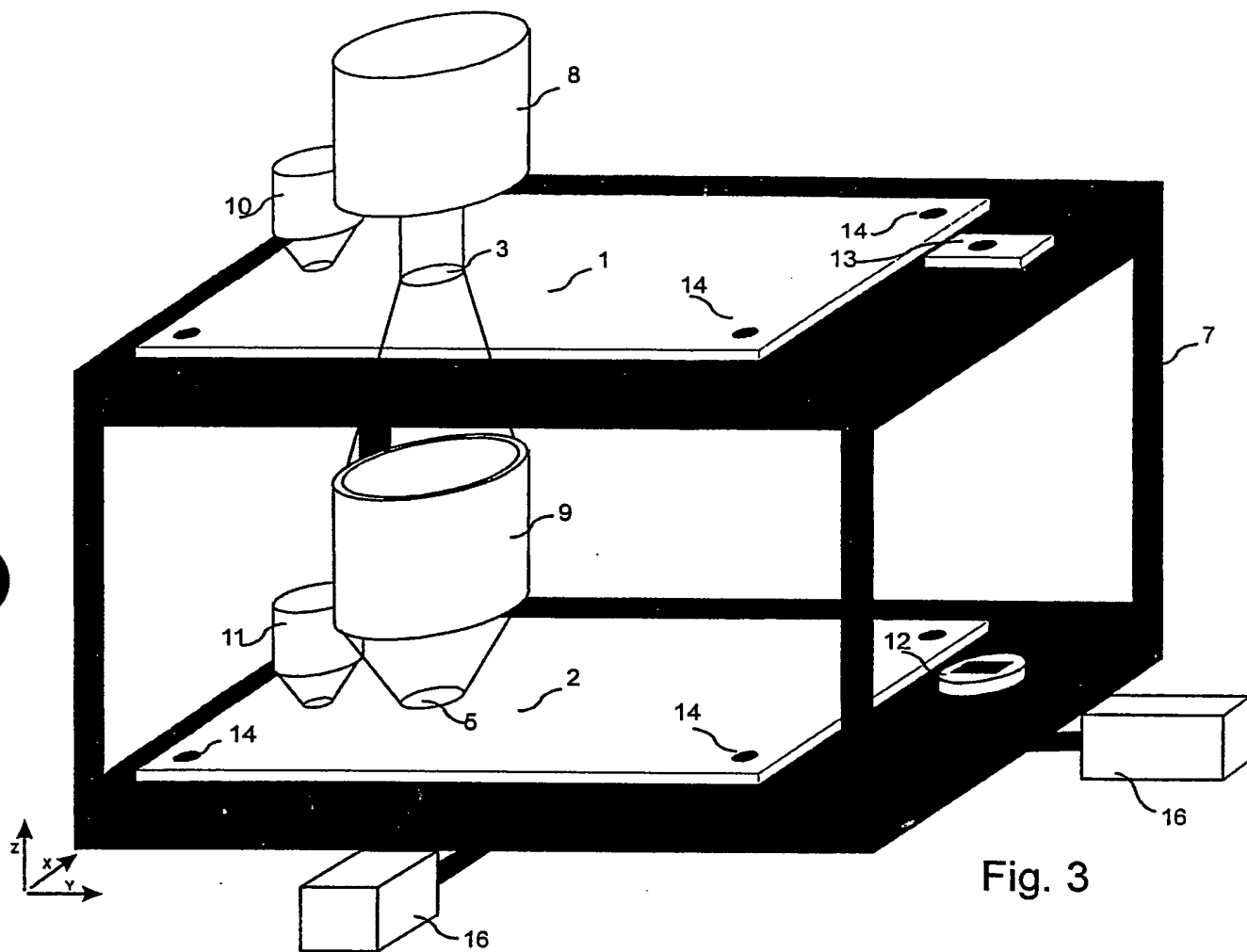


Fig. 3

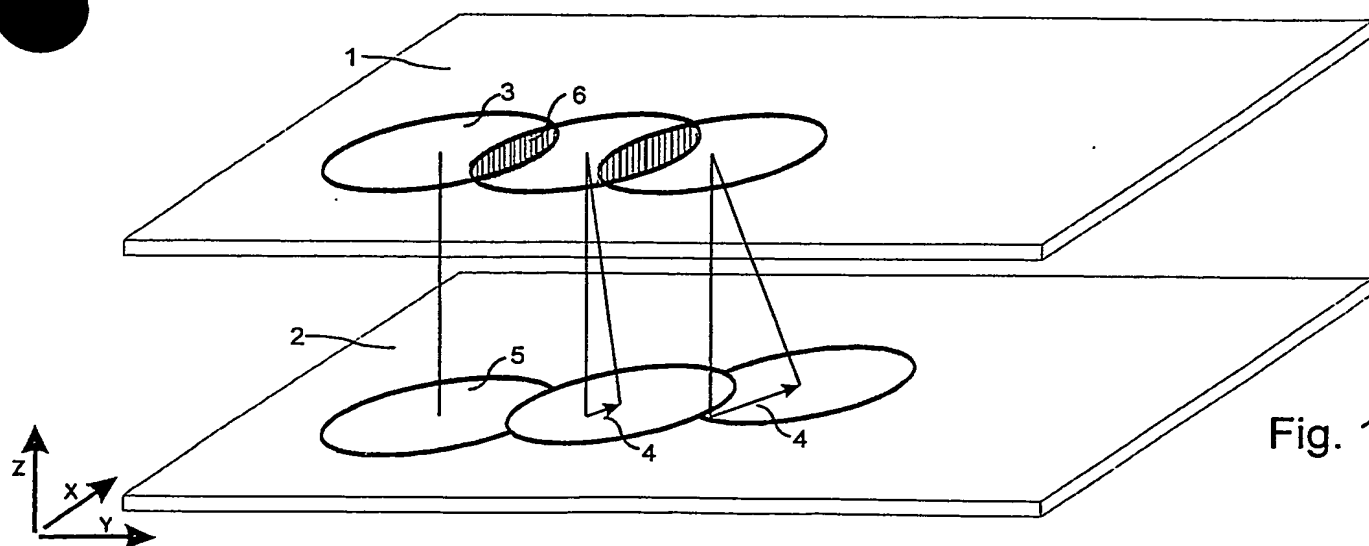


Fig. 1

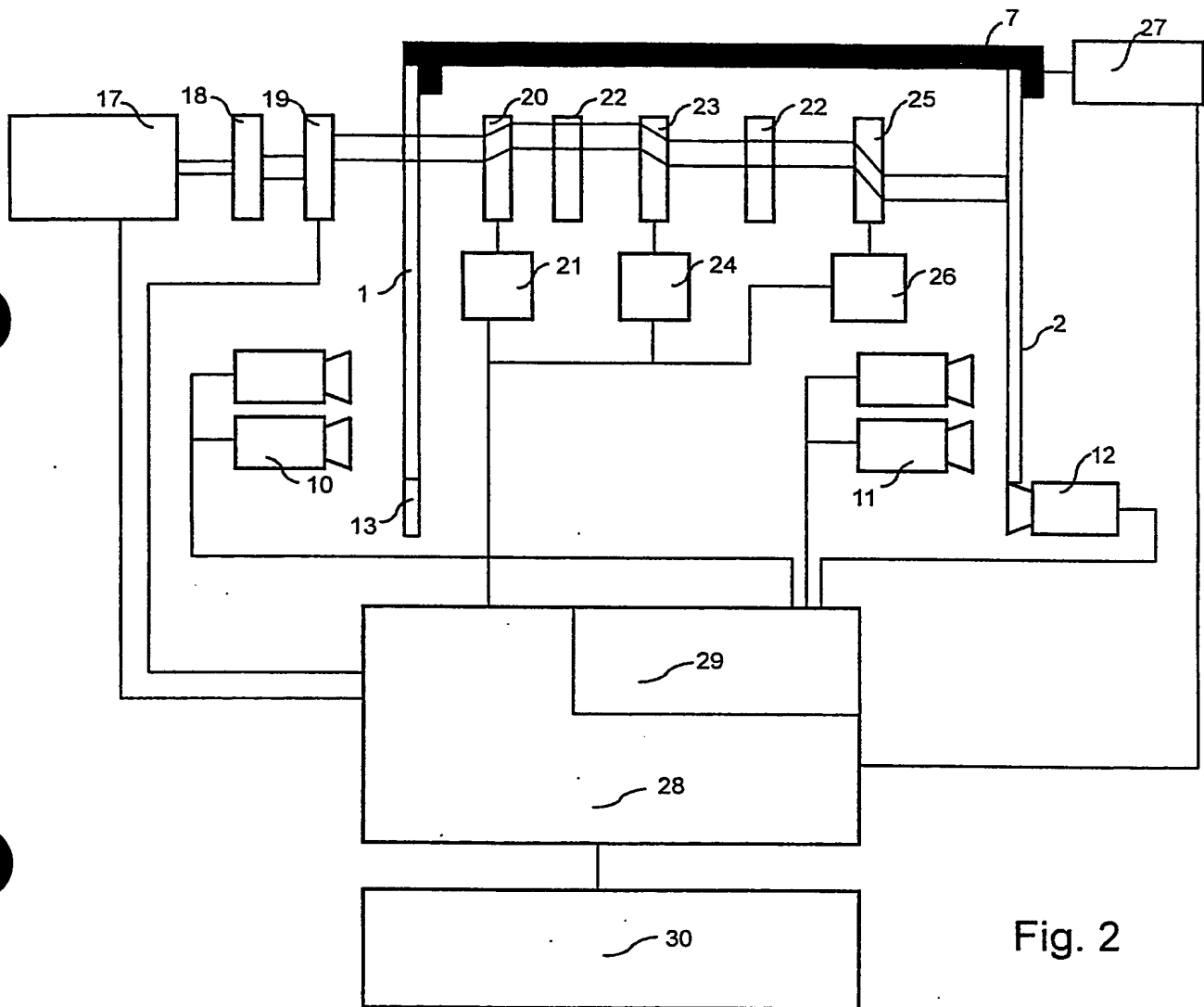


Fig. 2

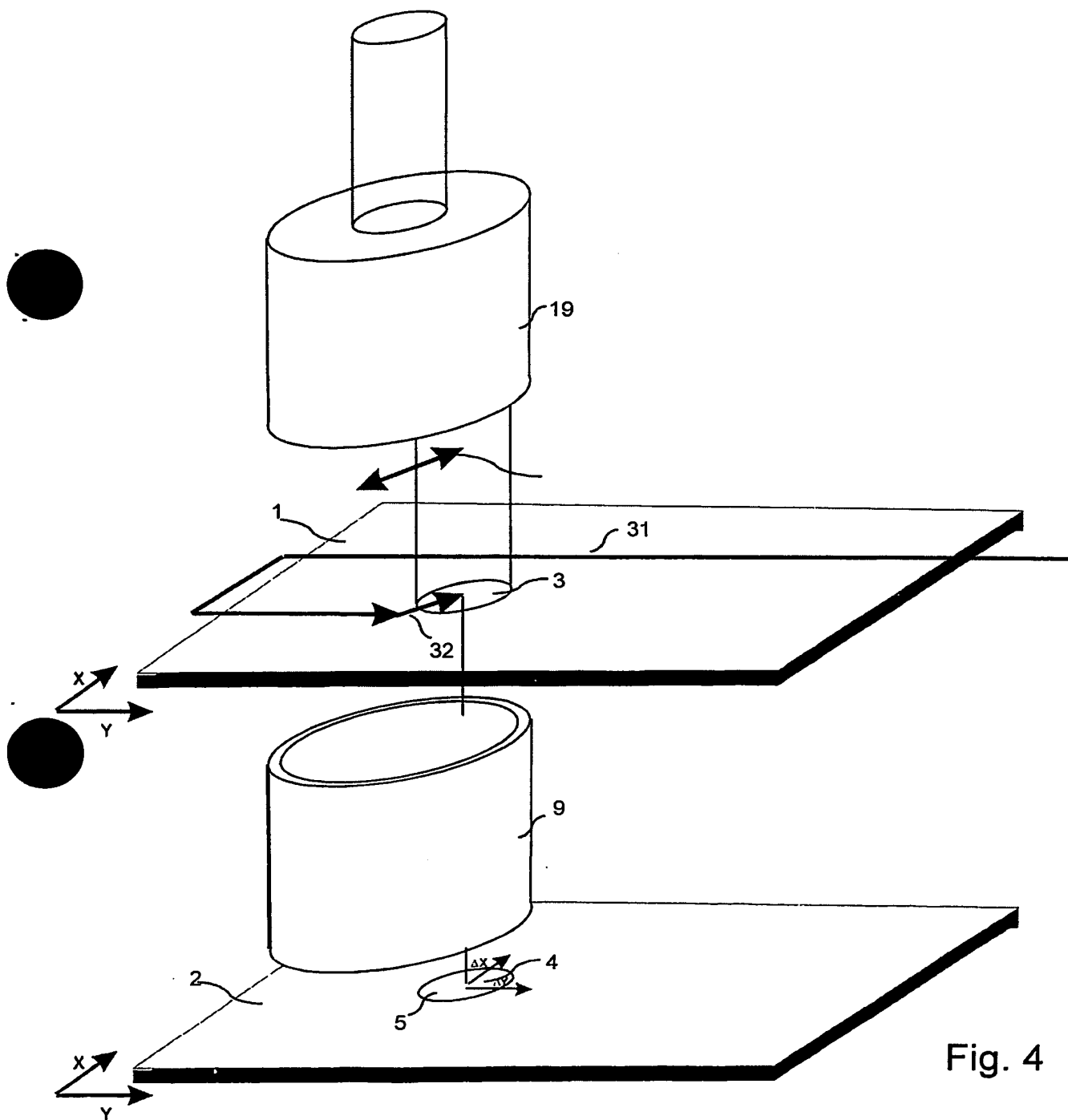


Fig. 4

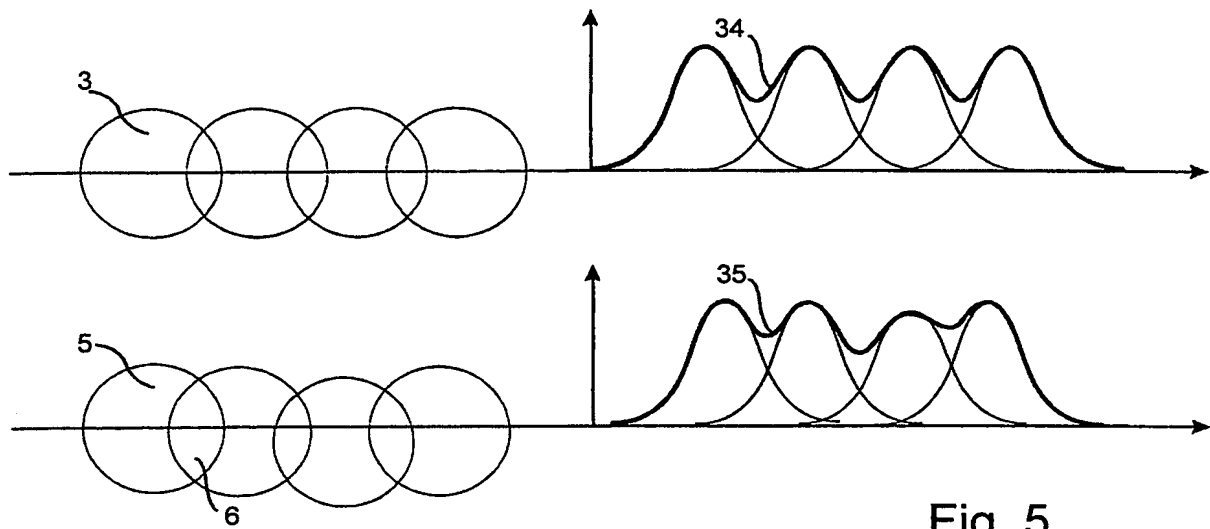


Fig. 5

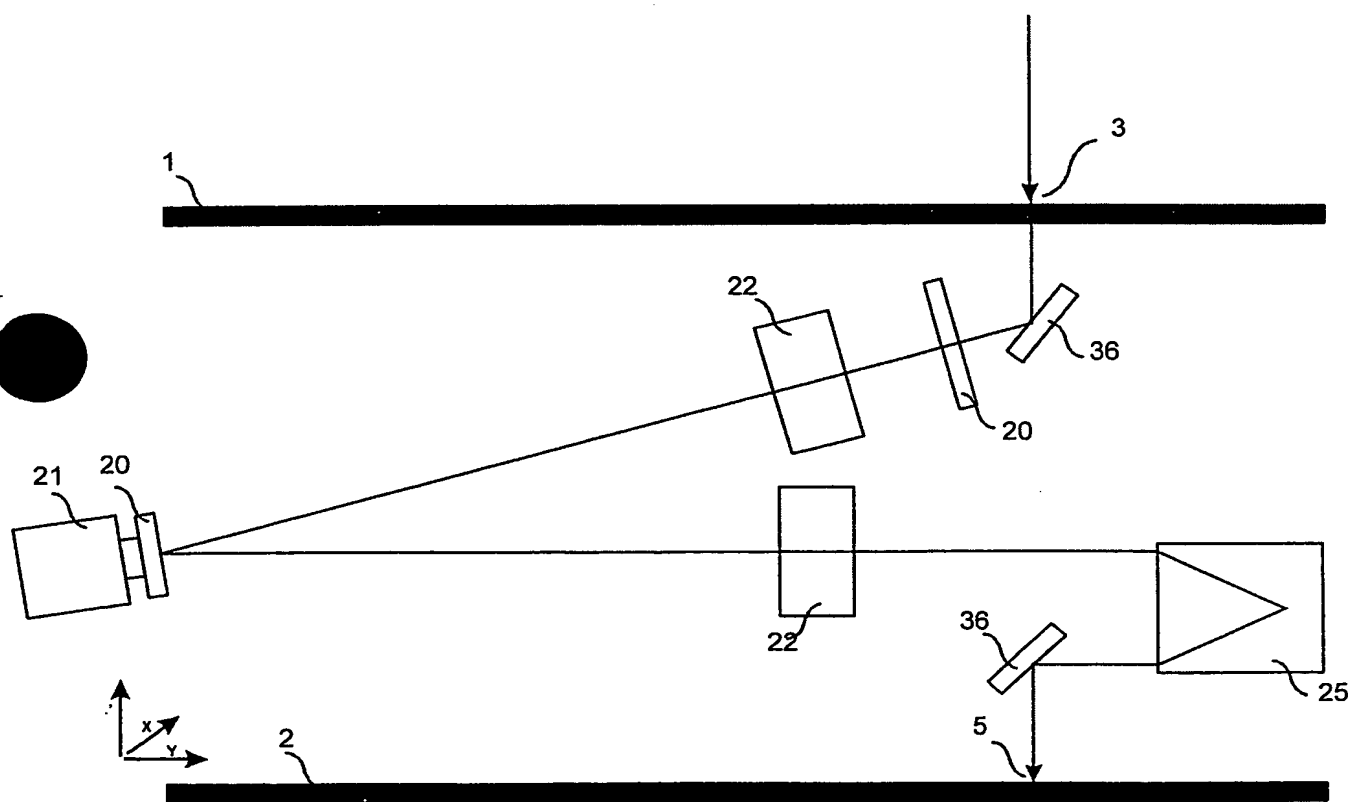


Fig. 6

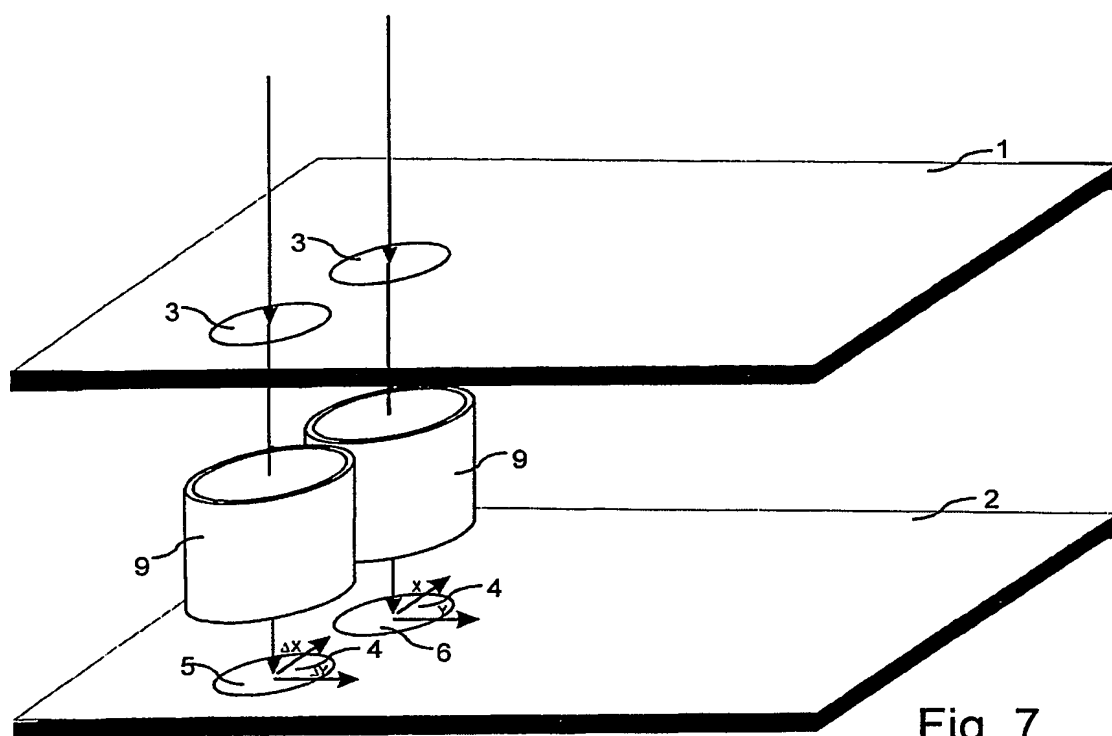


Fig. 7

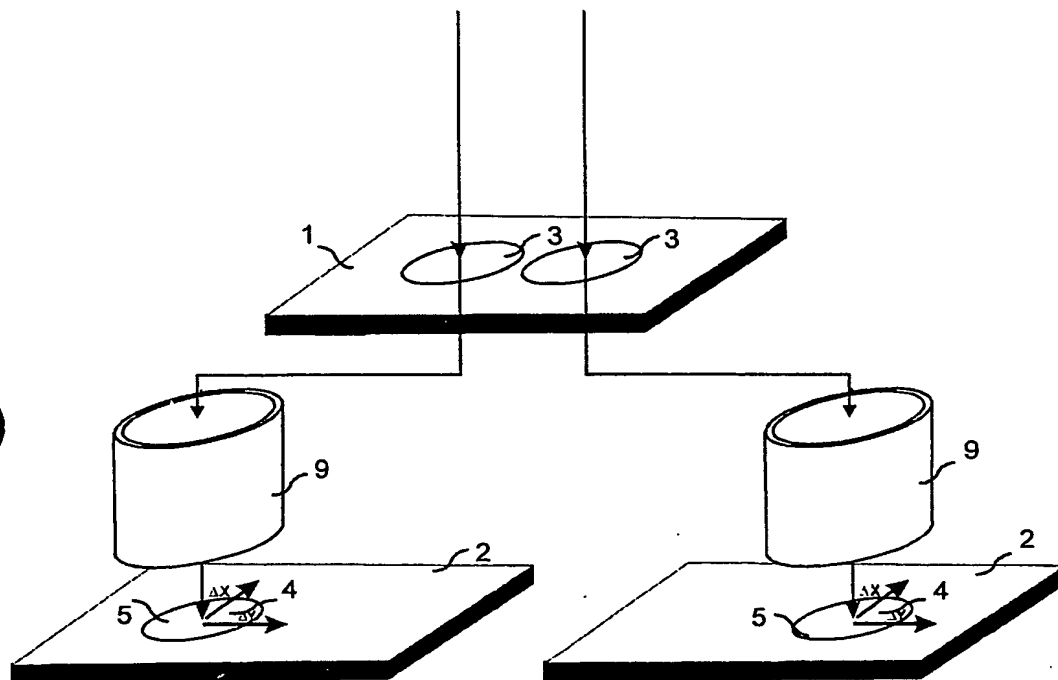


Fig. 8

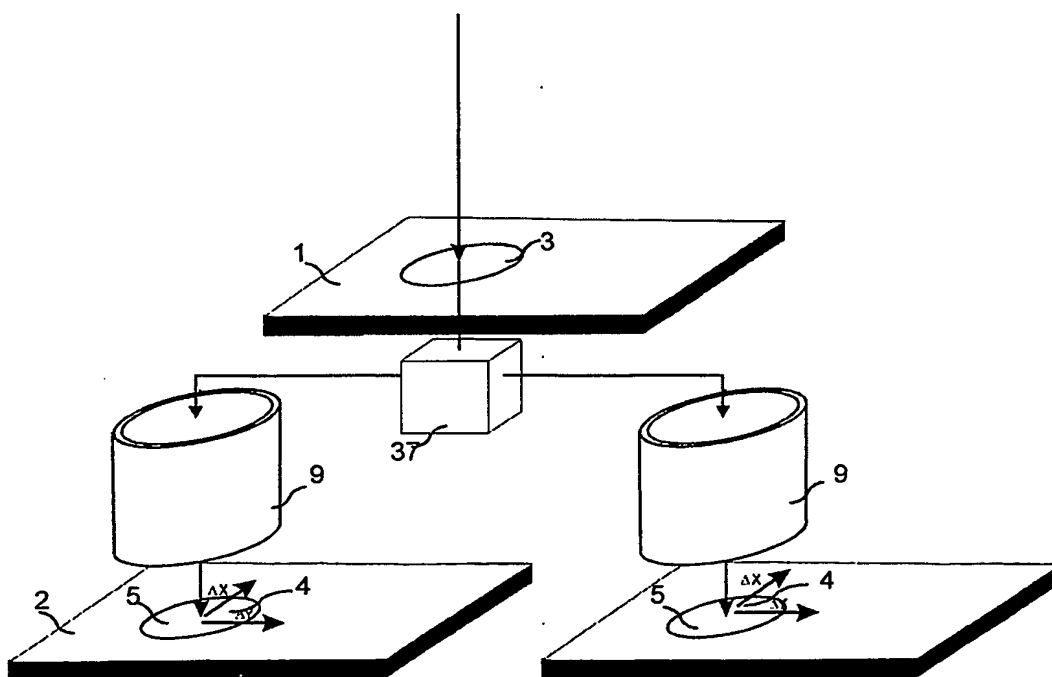


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.